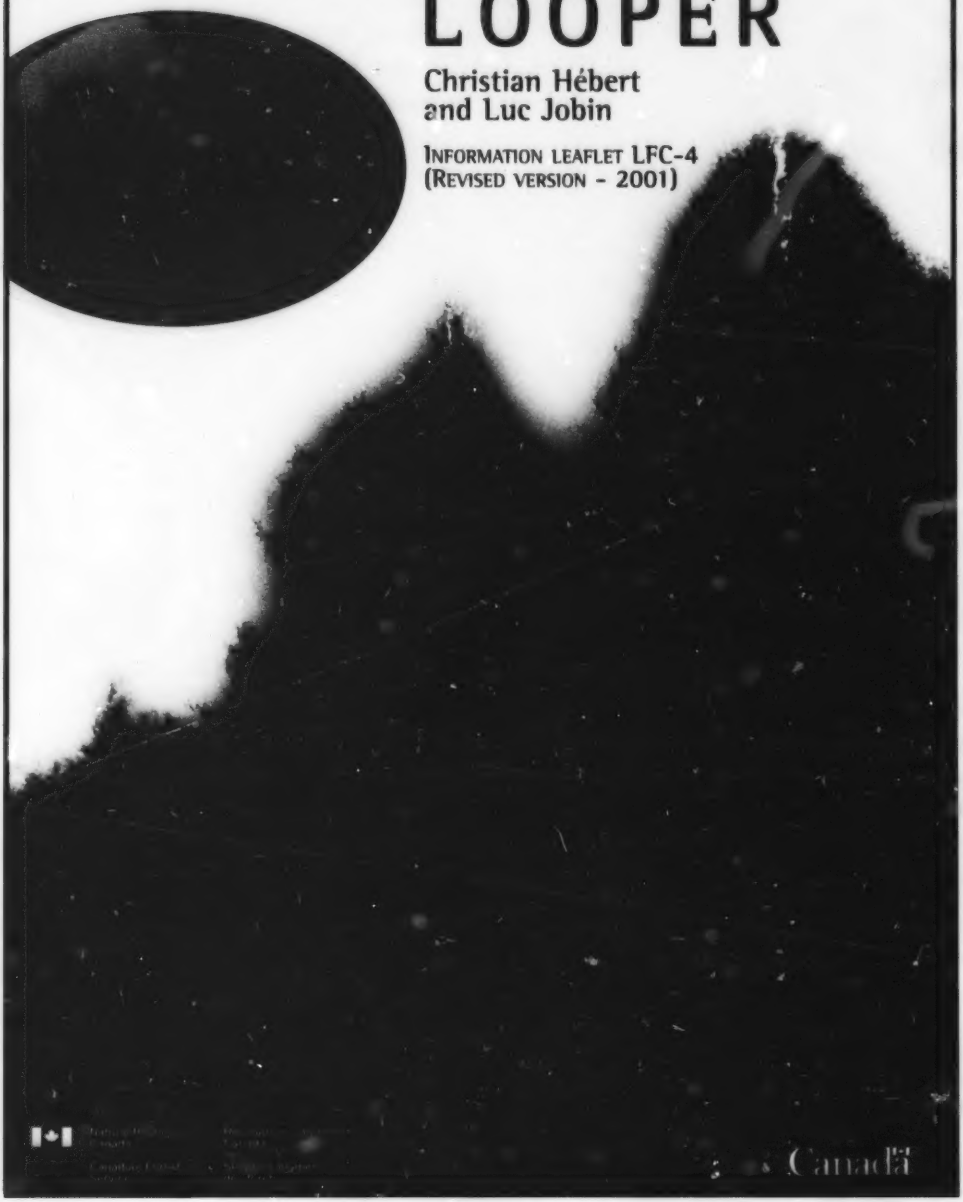
The HEMLOCK LOOPER

Christian Hébert
and Luc Jobin

INFORMATION LEAFLET LFC-4
(REVISED VERSION - 2001)



Canada

Cover

Photo 1
Mature hemlock looper larva
(Photo: *T. Arcand*)

Photo 2
Severely defoliated trees
(Photo: *L. Jobin*)

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2001
CCG Catalog Number Fo29-4/4-2001E
ISBN 0-662-29691-5
ISSN 0835-1627

Limited additional copies of this publication are available at no charge from:
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S., P.O. Box 3800
Sainte-Foy, Quebec G1V 4C7
This publication is also available in electronic format on the LFC Web site at:
http://www.cfl.cfs.nrcan.gc.ca

Copies or microfiches of this publication may be purchased from:
Micromedia Ltd.
240 Catherine St., Suite 305
Ottawa, Ontario K2P 2G8
Tel.: (613) 237-4250
Toll free: 1-800-567-1914
Fax: (613) 237-4251

Cette publication est également offerte en français sous le titre «L'arpenteuse de la pruche» (Numéro de catalogue GCC Fo29-4/4-2001F).

Taxonomy

The hemlock looper, *Lambdina fiscellaria* (Guenée), is an indigenous Lepidoptera of North America which belongs to the Geometridae family. Caterpillars (also called larvae) of this family lack the abdominal prolegs borne in the middle of the body by other Lepidoptera, and have only two (some species have three) pairs of prolegs at the posterior end of the body. Locomotion is achieved by throwing their anterior end forward, grasping onto something using their anterior legs and then pulling up the posterior end of their body. Then, the middle portion of the larva bends upward, forming a loop. Their common name (also called measuringworm) comes from this characteristic fashion of moving.

Long considered to be subspecies, the looper found in eastern Canada (*L. fiscellaria fiscellaria*) and the looper found in western Canada (*L. fiscellaria lugubrosa*) are now recognized as a single species (McGuffin 1987; Raske et al. 1996; Sperling et al. 1999).

Hosts and Distribution

The hemlock looper is distributed across Canada, in the Great Lakes States and as far south as Georgia in the eastern U.S., and in Washington, Idaho, Montana and Oregon in the west. Occurrences of this species have also been recorded in southeastern Alaska. However, the information in this leaflet concerns essentially the hemlock looper in eastern Canada.

In eastern Canada, the hemlock looper feeds on many forest tree species but damage has been reported mostly on balsam fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.) and eastern hemlock (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.). When populations reach epidemic proportions, this insect usually severely defoliates companion species such as white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss), black spruce (*Picea mariana* [Mill.] BSP) and white birch (*Betula papyrifera* Marsh.). Even eastern white cedar (*Thuya occidentalis* L.), white pine (*Pinus strobus* L.) and trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) have been reported to be defoliated in some infestations in Ontario (Howse and Applejohn 1994). Other potential host species include tamarack (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch), sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.), yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton), white elm (*Ulmus americana* L.), cherry (*Prunus* sp.), and even jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.).

Previous Outbreaks

The most severe outbreaks of this insect have occurred in eastern Canada, mainly in Newfoundland and Quebec where numerous outbreaks were reported in the 20th century (Benoit and Desaulniers 1972; Otvos et al. 1979; Jobin 1980; Hudak et al. 1984; Bordeleau 1991-1999). Infestations in Ontario and the Maritime provinces were of short duration and mostly restricted to small areas.

In Quebec, Watson (1934) observed and studied the first outbreak of the looper on the North Shore in 1927. However, growth ring analysis showed that an outbreak had occurred some years earlier (in the 1920s) on Anticosti Island (Jobin 1980); it would have been followed by another more destructive outbreak, again on Anticosti Island, during the 1930s (Jobin 1980). Many infestations occurred subsequently, notably in the Gaspé Peninsula in 1936 and 1946, where more than 40 000 ha of forest was completely destroyed (Benoit and Desaulniers 1972; Jobin 1980). On the North Shore, a new outbreak was reported in 1956 (Benoit and Desaulniers 1972; Jobin 1980; Pilon 1997), and then in the early 1970s a particularly severe infestation swept across Anticosti Island, encompassing more than 220 000 ha and destroying at least 80 000 ha of forest (Jobin and Desaulniers 1981). This outbreak also affected nearly 16 000 ha of forest in the North Shore region. In the early 1990s, less extensive infestations were reported in the Lower St. Lawrence region (Parke Reserve) and on Anticosti Island (Bordeleau 1991-1999). An aerial survey conducted in the summer of 1996 by Quebec's ministère des Ressources naturelles located 7 850 ha of defoliated forest in the eastern part of the Gaspé Peninsula (Bordeleau 1991-1999). Through an egg survey, it has been possible to delimit zones encompassing more than 330 000 ha where the hemlock looper populations had reached epidemic levels (Bordeleau 1991-1999). The infestation turned out to be much less extensive than anticipated, with only 21 770 ha undergoing defoliation in 1997 (Bordeleau 1991-1999). During the summer of 1998, over 27 000 ha of defoliated forests were reported on the North Shore (Bordeleau 1991-1999). However, contrary to the Gaspé outbreak two years earlier, this incipient outbreak progressed rapidly and reached major proportions in 1999 with 472 000 ha of defoliated forest (of which 95% were severely defoliated; Bordeleau 1991-1999) and in 2000 with 925 000 ha of defoliated forest (Bordeleau, pers. comm.). This is undoubtedly the most severe outbreak of the hemlock looper ever recorded in Quebec.

102-03829/

Concurrently with infestations occurring in Quebec, between 1989 and 1993, New Brunswick faced its first hemlock looper outbreak, which necessitated action to protect just over 21 000 ha of forest in 1990 (Hartling et al. 1991). The State of Maine, which had never before been seriously impacted by this insect pest, also had to come to grips with severe infestations that covered nearly 100 000 ha in 1991 (Trial 1993).

The Hemlock Looper's Development Stages

Egg:

Ovoid and about 0.90 mm long, the egg has a truncate end and a reticulate structure. The egg is light green at deposition and turns coppery brown after a few days (*Figure 1*); sterile eggs remain greenish in colour.

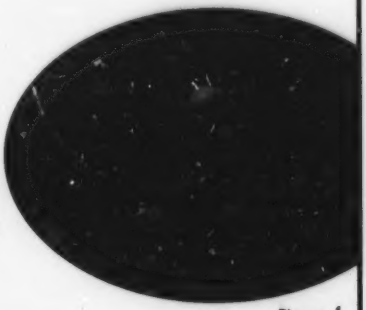


Figure 1
Hemlock looper eggs on epiphytic lichens
(Photo: *C. Germain*)

Figure 2
Young hemlock looper larva
(Photo: *T. Arcand*)

Larva:

The larva has the characteristic form of looper larvae, with two pairs of prolegs at the posterior end of the abdomen. A few hours after eclosion, the young larva (*Figure 2*) is a dark gray colour with black crossbands that give it a segmented appearance. As the larvae mature, they take on various colours, ranging from yellow to black (*Figure 3*).

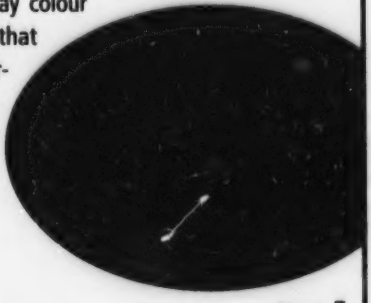


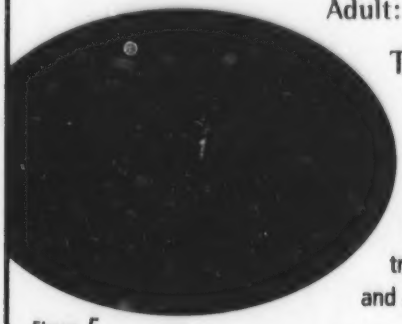
Figure 3
Mature hemlock looper larva and partially eaten foliage typifying this insect's wasteful behaviour
(Photo: *T. Arcand*)

Pupa:

Spindle-shaped, with colour varying from beige with brown spots to dark brown. About 20 mm long (*Figure 4*).

Figure 4
Pupae of the eastern hemlock looper (Photo: *T. Arcand*)

Adult:



The adult is a moth with a wingspan of about 32 mm; it varies in colour from beige to brownish gray (*Figure 5*). Its forewings are crossed by two purplish broken lines and the hindwings by a single line. The male is easy to recognize with its feathery antennae and narrow abdomen, in contrast with the female, which has thread-like antennae and a rounded abdomen.

Figure 5
Moth of the eastern hemlock looper (Photo: *L. Jobin*)

Life Cycle and Behaviour

The hemlock looper has only one generation per year and overwinters in the egg stage. The eggs are generally deposited on host trees, either on the trunk or on branches, although many of them are also dispersed elsewhere, on birches, snags and the sphagnum moss cover (De Gryse and Schedl 1934; Watson 1934; Carroll 1956). The presence of eggs is strongly associated with the abundance of epiphytic lichens (Jobin 1973). The eggs hatch late in spring, shortly after budbreak in balsam fir, and the young larvae are then dispersed by the wind. The larvae initially feed on new foliage, but midway through their development they migrate toward the older foliage (De Gryse and Schedl 1934; Watson 1934; Carroll 1956). Recent work showed that feeding on new foliage was essential for survival of young larvae but also that feeding on old foliage by late instar larvae increased insect survival and fecundity (Carroll 1999). The larval

feeding behaviour is wasteful since they sever needles at the base or merely chew on the needles without eating them completely. The larvae move about freely on the foliage and are often cast to the ground during heavy rains or high winds (De Gryse and Schedl 1934; Trial 1993).

Hemlock looper larvae go through four instars in Newfoundland (Carroll 1956) and on Anticosti Island (Jobin and Desaulniers 1981) compared with five instars in Ontario (De Gryse and Schedl 1934) and New Brunswick (Hartling et al. 1991). In Eastern Quebec, larvae are present primarily between mid-June and early August. Toward the end of their development, the larvae begin seeking a pupation site. During periods of heavy infestation, the trees are covered with silk threads produced by the larvae as they descend in search of food or a place to pupate (*Figure 6*). Like the eggs, the pupae are dispersed in the environment. They are frequently found on host trees, either in bark crevices, under strips of bark or in lichens (Watson 1934). Trees with smooth bark contain few pupae compared with those with rough bark (De Gryse and Schedl 1934). Some authors have reported finding a large number of pupae in old stumps (Carroll 1956; Jobin and Desaulniers 1981) and in the angles formed by roots at the base of tree trunks (De Gryse and Schedl 1934).

The pupal stage lasts about 16 to 20 days. The adults emerge between late August and early October, with the males preceding the females by a few days (Carroll 1956). During the first night, the female shows calling behaviour associated with sex pheromone release (West and Bowers 1994). The moths are not strong fliers (Watson 1934) and the males are active mainly at dusk; the females are not very active except after half of their eggs have been deposited (Delisle et al. 1998). Mating is observed mainly on the boles of host tree species, and the females deposit their eggs singly or in small groups of two or three, mostly during September. The height above ground at which egg-laying occurs is influenced by weather conditions; females are believed to lay their eggs on the ground and in old stumps when the weather is cold, wet and windy, whereas during warm, calm periods, eggs are laid higher up, in the tree crown (Otvos et al. 1971). The females live for 20 to 25 days and lay 100 to 300 eggs.

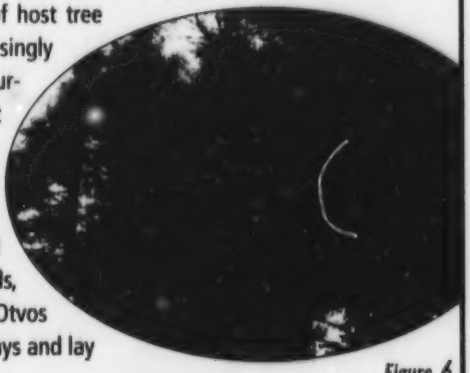


Figure 6

Defoliated trees covered with silk threads around the end of larval development (Photo: C. Hébert)

Epidemiology and Natural Control

Hemlock looper outbreaks begin and end very suddenly (Watson 1934). They develop at an incredibly fast rate, and can even kill balsam fir during the first year in which damage is detected (Watson 1934; Jobin and Desaulniers 1981). Outbreaks are characterized by small pockets of infestation scattered over a vast area (Carroll 1956; Otvos et al. 1979). Regenerating trees are often affected to a greater extent than mature trees during the first year of the outbreak, and uninfested areas are frequently found next to severely impacted zones (Watson 1934). In New Brunswick, MacLean and Ebert (1999) reported a 22-48% higher mortality on trees of small diameter (< 11 cm) than on larger trees. During the second year of outbreak, the pockets of infestation increase both in number and areal extent, eventually joining to form huge expanses of defoliated forest with irregular margins. The infestation is especially severe when 70% or more of the infested stands consist of mature or overmature hemlock or balsam fir (De Gryse and Schedl 1934; Carroll 1956). Hemlock looper infestations often occur in stands situated near bodies of water, indicating that this pest is associated with a maritime climate (Jobin 1973, 1980).

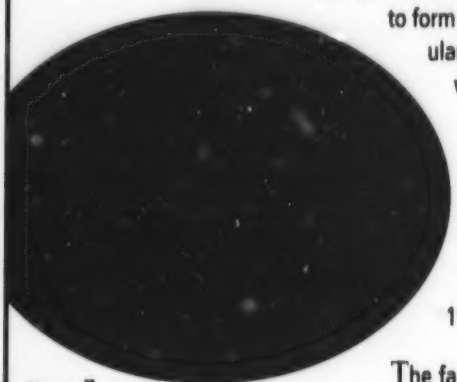


Figure 7
Telenomus sp., an important egg parasitoid (Photo: C. Germain)

The factors involved in the abrupt onset and end of infestations have not been studied much to date. Nonetheless, several natural enemies play an important role in controlling hemlock looper populations. Many parasitoid species attack different life stages of this pest (Otvos 1973). The magnitude of the outbreak predicted in the Gaspé Peninsula in 1997 was considerably reduced owing to the activity of an egg parasitoid that belongs to the genus *Telenomus* (Hébert et al. 2001) (*Figure 7*). A number of parasitoids infest looper larvae, and most of them emerge from the host around the end of larval development or during the pupal stage. One species of *Apanteles* (Hymenoptera: Braconidae) sometimes has a considerable impact (Carroll 1956); however, the most important role is played by a

species of the order Diptera (Tachinidae): this fly species, *Winthemia occidentis* (*Figure 8*) lays its eggs on mature larvae, and its larva emerges from the pupa. Pupae, too, are parasitized by a number of Hymenoptera (Ichneumonidae) species, with the key ones being *Itoplectis conquisitor* (*Figure 9*) and *Aoplus velox*. Also, many hyperparasites infest primary parasitoids. In addition, a number of bird species are predators of the hemlock looper, particularly of the larval and pupal stages. However, their impact on looper populations is difficult to measure (Otvos and Taylor 1970).

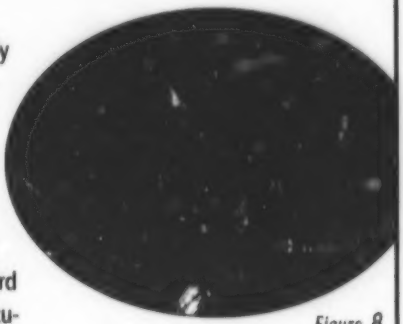


Figure 8

***Winthemia occidentis*, a tachinid fly which deposits its eggs on mature larvae and emerge from pupae (Photo: *C. Germain*)**

A number of entomopathogenic micro-organisms infect the hemlock looper. A nuclear polyhedrosis virus and a microsporidium of the genus *Nosema* have been found on Anticosti Island (Smirnoff and Jobin 1973). However, two fungal species, *Entomophthora sphaerosperma* and *Entomophaga aulicae*, have more often been linked to declines in looper populations (Jobin and Desaulniers 1981; Otvos et al. 1973). These fungi infect both young and mature larvae, but have a greater impact at the end of larval development (Carroll 1956; Otvos 1973). More recently, Clopton and Lucarotti (1997) and Lucarotti et al. (1998) found and described a new species of protozoa of the Eugregarinida order, *Leidyana canadensis*, associated with an outbreak collapse in New Brunswick. However, it has not been possible to evaluate the real contribution of this protozoa to the outbreak collapse.

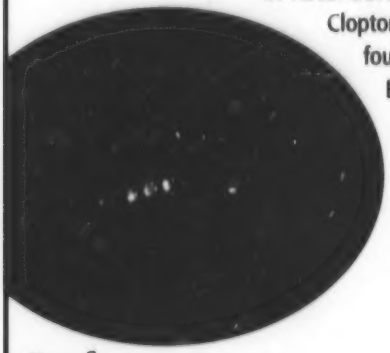


Figure 9

***Itoplectis conquisitor*, an Ichneumonid attacking a pupa (Photo: *C. Germain*)**

Damage and Impact

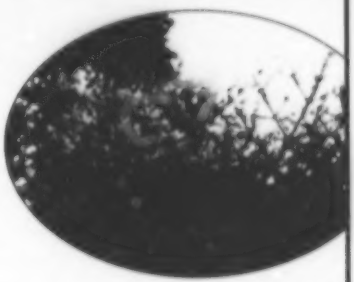


Figure 10
Defoliation typical of the hemlock looper (Photo: *L. Jobin*)

In late July and early August, the trees take on a reddish colour that is highly characteristic of hemlock looper outbreaks. It is the hemlock looper's wasteful feeding behaviour that makes it such a formidable defoliator (*Figure 10*). After coniferous needles have been chewed on, they dry out and redden, eventually falling in the autumn (Watson 1934). The infestations can be quite devastating (*Figure 11*). According to Bhiry and Filion (1996) who studied needle remains and head capsules found in peat moss, the hemlock looper is associated with a decline of eastern hemlock that occurred in the mid-Holocene period.

In the case of the New Brunswick infestation, MacLean and Ebert (1999) reported a low mortality (<1%) for trees having total defoliation <50% but mortality reached 92% for trees suffering from ≥90% of total defoliation. Between 1910 and 1975, looper outbreaks caused losses estimated at 12 million m³ of timber in Newfoundland (Otvos et al. 1979) and at 24 million m³ in Quebec (Jobin 1980). Trees that survive an outbreak show important radial growth reduction (up to nearly 50%) during the two or three years of defoliation (Martel 1999). Radial growth recovery is usually spread over a period of similar duration.

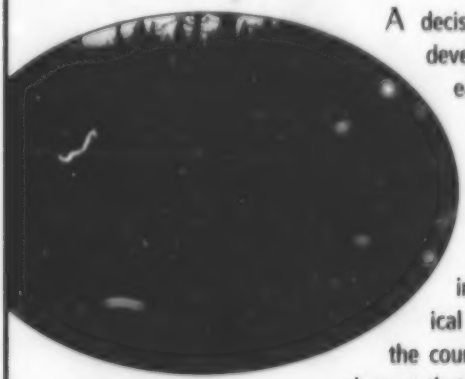


Figure 11
Terrestrial view, 25 years later, of a stand that has suffered severe mortality due to defoliation by hemlock looper in 1972 on Anticosti Island (Photo: *C. Hébert*)

A decision support system for this insect pest was developed and tested in Newfoundland in the early 1990s. Designed for predicting defoliation, the system is composed of models developed from historical data. Under current conditions, however, the system is not very useful since it greatly underestimates the level of damage (Carroll 1996). According to the author, models devised from historical records do not permit accurate prediction of the course of an infestation because of the major changes that have occurred in the forest landscape during recent decades.

Detection and Monitoring

Until the early 1990s, aerial damage surveys and foliage beating samples taken to estimate the size of larval populations were the main methods used for detecting and making predictions about hemlock looper populations. Over the past few years, a number of methods and tools have been developed to improve detection and prediction strategies. The sex pheromone of the looper has been identified and synthesized (Gries et al. 1991), and pheromone trap monitoring networks are now operating in all high-risk regions of northeastern North America. Although the pheromone has a strong potential for attraction and that it seems to provide satisfactory results in British Columbia (Evenden et al. 1995a, 1995b; Liang et al. 1997), trapping has so far not allowed researchers to predict population levels with a satisfactory degree of accuracy in Quebec. Surveillance now also involves assessing the egg populations of this pest. In eastern Canada, 1-m-long branches are sampled (Dobesberger 1989), whereas in the west sampling involves collecting a pre-determined weight of lichens from the tree canopy (Shore 1990; Liang et al. 1996). These samples undergo an egg extraction process in the laboratory (Otvos and Bryant 1972; Shepherd and Gray 1972; Shore 1990). In Quebec, damage forecasts based on this method have been often inaccurate. However, in the State of Maine, satisfactory results have been obtained (Trial and Trial 1992).

New tools have also been developed over the past 5 years at the Laurentian Forestry Centre of the Canadian Forest Service in Sainte-Foy, Quebec, including a pupation shelter (*Figure 12*) and an oviposition trap (*Figure 13*). Pupation shelters

Figure 12

Shelter used for sampling pupae (Photo: *C. Hébert*)

Figure 13

Oviposition trap (styrofoam strip) for sampling hemlock looper eggs (Photo: *C. Hébert*)

are used to evaluate looper populations at the pupal stage and assess the effect of natural enemies on the monitored populations. The first pupation shelter was developed by Otvos (1974) and used also by Shore (1989) and Liang et al. (1998) in British Columbia to evaluate pupal populations. On the other hand, the oviposition trap is simply made of a piece of polyurethane foam placed on a tree bole; it is very simple and permits rapid assessment of egg populations. These new tools are standardized, simple and can be applied by persons without a specialized background. This makes it possible to operate a larger number of monitoring sites, a crucial point in detecting hemlock looper outbreaks, and ensures more effective surveillance. These tools' capacity to predict hemlock looper damage is currently being evaluated; however the integration of an index of activity of *Telenomus* (egg parasitoids) would help to increase the accuracy of predictions.

Control Measures

In the case of a severe infestation confined to small areas, the infested stands and adjacent ones can be harvested during the winter, even when major losses are anticipated (Québec, Ministère des Forêts 1991). Residual populations (eggs on the ground or remaining on debris or birches) have a low chance of surviving because after egg hatching, young larvae must spend large amounts of energy to find food, which is not abundant and often of low quality. During a major outbreak, since salvage cutting cannot be done in all stands simultaneously, direct control measures are necessary. Until the early 1980s, fenitrothion was the main registered insecticide used on an operational basis against the hemlock looper (Prebble 1975; West et al. 1989). This insecticide was also employed in New Brunswick to control looper populations in 1990-1991 (Hartling et al. 1991). However, over the past 10 years or so, the biological insecticide *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.*) is the product that has been used most often against the hemlock looper (West et al. 1989, 1997). *B.t.* spraying is usually done at the beginning of the second larval instar, when egg hatching is completed. In the case of a highly severe outbreak, a second *B.t.* application may be made. The positive or negative impact of *B.t.* applications on larval and pupal predators and parasitoids of the looper is unknown. However, as egg parasitoid populations usually increase during an outbreak, it is possible that while reducing looper populations, *B.t.* applications may favour egg parasitoids in the next looper generation.

The possibility of introducing exotic parasitoids to strengthen the complex of natural enemies in Newfoundland has been evaluated recently, but without success (West and Kenis 1997). Work has also focused on developing a technique for mass rearing of the fungus *Entomophaga aulicae* (Nolan 1993). Moreover, studies are continuing in an effort to characterize and evaluate the pathogenicity of various natural strains of virus (Levin et al. 1997).

As for the eastern spruce budworm, harvesting old stands has been recommended to reduce the risk of infestation by the hemlock looper (Martineau 1984). However, such a strategy should be examined carefully before being used because of the increasing importance being given to old-growth forests for conserving biodiversity (Desponts et al. 2000; Martikainen et al. 2000), a criterion used to measure our progress towards sustainable development.

For Further Information

Anyone with comments or suggestions regarding the information provided in this leaflet is invited to contact the authors by e-mail at chebert@cfl.forestry.ca.

BIBLIOGRAPHY

BENOIT, P.; DESAULNIERS, R. 1972. Épidémies passées et présentes de l'arpenteuse de la pruche au Québec. Environ. Can., Serv. can. for., Rev. Bim. Rech. 28(2):11-12.

BHIRY, N.; FILION, L. 1996. Characterization of the soil hydromorphic conditions in a paludified dunefield during the mid-Holocene hemlock decline near Québec City, Québec. Quat. Res. 46:281-297.

BORDELEAU, C. 1991-1999. Insectes et maladies des arbres - Québec. Minist. Ressour. nat., Dir. conserv. for., Div. des relevés, Québec, Qc.

CARROLL, A.L. 1996. Evaluation of the predictive capacity of the Eastern Hemlock Looper Decision Support System. Pages 9-14 *in* T.L. Shore and D.A. MacLean (Eds.), Decision Support Systems for Forest Pest Management. Proc. of a workshop at the Joint Meeting of the Entomol. Soc. of Canada and B.C., Oct. 17, 1995, Victoria, B.C. FRDA Rep. No. 260.

CARROLL, A.L. 1999. Physiological adaptation to temporal variation in conifer foliage by a caterpillar. Can. Entomol. 131:659-669.

CARROLL, W.J. 1956. History of the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.), (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland, and notes on its biology. Can. Entomol. 88:587-599.

CLOPTON, R.E.; LUCAROTTI, C.J. 1997. *Leidyana canadensis* n. sp. (Apicomplexa: Eugregarinida) from larval eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). J. Eukaryot. Microbiol. 44:383-387.

DE GRYSE, J.J.; SCHEDL, K. 1934. An account of the eastern hemlock looper, *Ellopia fiscellaria* Gn., on hemlock, with notes on allied species. Sci. Agric. 14:523-539.

DELISLE, J.; WEST, R.J.; BOWERS, W.W. 1998. The relative performance of pheromone and light traps in monitoring the seasonal activity of both sexes of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria*. Entomol. Exp. Appl. 89:87-98.

DESPONTS, M.; DESROCHERS, A.; BÉLANGER, L.; HUOT, J.; HÉBERT, C. 2000. Évaluation des impacts de la stratégie de protection des forêts sur la biodiversité dans la sapinière boréale humide. Minist. Ressour. nat. Québec, Dir. de la rech. 89 p.

Dobesberger, E.J. 1989. A sequential decision plan for the management of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae), in Newfoundland. Can. J. For. Res. 19:911-916.

Evenden, M.L.; Borden, J.H.; Van Sickle, G.A. 1995a. Predictive capabilities of a pheromone-based monitoring system for western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae). Environ. Entomol. 24:933-943.

Evenden, M.L.; Borden, J.H.; Van Sickle, G.A.; Gries, G. 1995b. Development of a pheromone-based monitoring system for western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae): effect of pheromone dose, lure age, and trap type. Environ. Entomol. 24:923-932.

Gries, G.; Gries, R.; Borden, J.H.; Li, J.X.; Slessor, K.N.; King, G.G.S.; Bowers, W.W.; West, R.J.; Underhill, E.W. 1991. 5,11-dimethylheptadecane and 2,5-dimethylheptadecane: sex pheromone components of the geometrid moth, *Lambdina fiscellaria*. Naturwissenschaften 78:315-317.

Hartling, L.; McNutt, P.M.; Carter, N. 1991. Hemlock looper in New Brunswick: notes on biology and survey methods. Timber Manag. Branch, For. Pest Manag. Section, Dep. Nat. Resour. and Energ., Fredericton, N.B.

Hébert, C.; Berthiaume, R.; Dupont, A.; Auger, M. 2001. Population collapses in a forecasted outbreak of *Lambdina fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae) caused by spring egg parasitism by *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae). Environ. Entomol. 30:37-43.

Howse, G.M.; Applejohn, M.J. 1994. Survey Bullletin - Forest Insect and Disease Conditions in Ontario (Fall 1993). Nat. Resour. Can., Can. For. Serv. p. 7.

Hudak, J.; Raske, A.G.; Lim, K.P.; Clarke, L.J. 1984. The hemlock looper in Newfoundland in 1984. Pages 339-351 *in* Rep. of the Twelfth Ann. For. Pest Control Forum, Nov. 27-29, 1985. Can. For. Serv., Ottawa, Ont.

Jobin, L. 1973. L'arpenteuse de la pruche, insecte insulaire? Environ. Can., Cent. rech. for. Laurentides, Sainte-Foy, Qc. Milieu 7:8-12.

Jobin, L. 1980. L'arpenteuse de la pruche: un insecte insulaire. Racine 2(3):5-7.

Jobin, L.; Desaulniers, R. 1981. Results of aerial spraying in 1972 and 1973 to control the eastern hemlock looper (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.)) on Anticosti Island. Environ. Can., Can. For. Serv., Laurentian For. Res. Cent., Sainte-Foy, Que. Inf. Rep. LAU-X-49E.

Levin, D.B.; Laitinen, A.M.; Clarke, T.; Lucarotti, C.J.; Morin, B.; Otvos, I.S. 1997. Characterization of nuclear polyhedrosis viruses from three subspecies of *Lambdina fiscellaria*. J. Invertebr. Pathol. 69:125-134.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1996. Distribution pattern and sampling of eggs of the western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) in mature western hemlock stands. J. Econ. Entomol. 89:1531-1536.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1997. Forest roadside sampling of larvae and adults of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa*. For. Ecol. Manag. 93:45-53.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1998. Pupal sampling of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa* (Hulst) (Lep., Geometridae) using burlap traps. J. Appl. Entomol. 122:85-88.

Lucarotti, C.J.; Leclerc, T.L.; Clopton, R.E. 1998. Incidence of *Leidyana canadensis* (Apicomplexa: Eugregarinida) in *Lambdina fiscellaria fiscellaria* larvae (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 130:583-594.

MacLean, D.A.; Ebert, P. 1999. The impact of hemlock looper (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.)) on balsam fir and spruce in New Brunswick, Canada. For. Ecol. Manag. 120:77-87.

Martel, M. 1999. Analyse dendroécologique des effets de la défoliation par l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria* [Guen.]) sur les populations forestières de l'Île d'Anticosti, Québec. Mém. de maîtrise, Dép. Géographie, Faculté des Lettres, Univ. Laval, Qc. 91 p.

Martikainen, P.; Siitonen, J.; Puntilla, P.; Kaila, L.; Rauh, J. 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. Biol. Conserv. 94:199-209.

Martineau, R. 1984. Insects harmful to forest trees. Multiscience Publications Limited, 261 p.

McGuffin, W.C. 1987. Guide to the Geometridae of Canada (Lepidoptera) II Subfamily Ennominae. 4. Mem. Entomol. Soc. Can. 138:1-182.

Nolan, R.A. 1993. An inexpensive medium for mass fermentation production of *Entomophaga aulicae* hyphal bodies competent to form conidia. Can. J. Microbiol. 39:588-593.

Otvos, I.S. 1973. Biological control agents and their role in the population fluctuation of the eastern hemlock looper in Newfoundland. Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-102.

Otvos, I.S. 1974. A collecting method for pupae of *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 106:329-331.

Otvos, I.S.; Bryant, D.G. 1972. An extraction method for rapid sampling of eastern hemlock looper eggs, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 104:1511-1514.

Otvos, I.S.; Taylor, M.E. 1970. Avian predators of eastern hemlock looper in Newfoundland. Dep. Fish. and For., Bi-Monthly Res. Notes 26:22.

Otvos, I.S.; Clark, R.C.; Clarke, L.J. 1971. The hemlock looper in Newfoundland: the outbreak, 1966 to 1971; and aerial spraying, 1968 and 1969. Environ. Can., Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-68.

Otvos, I.S.; Clarke, L.J.; Durling, D.S. 1979. A history of recorded eastern hemlock looper outbreaks in Newfoundland. Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-179.

Otvos, I.S.; MacLeod, D.M.; Tyrrell, D. 1973. Two species of *Entomophthora* pathogenic to the eastern hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland. Can. Entomol. 105:1435-1441.

Pilon, J.-G. 1997. Notes pour servir à l'histoire de l'arpenteuse de la pruche, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae) au Québec. Fabreries. 22:73-77.

Prebble, M.L. 1975. Aerial control of forest insects in Canada. Dep. Environ., Ottawa, Ont.

Québec, Ministère des Forêts. 1991. Pour en savoir plus sur l'arpenteuse de la pruche. Dir. conserv., Serv. prot. contre insectes et maladies, Québec, Qc. Rapp. Publ. FQ91-3097.

Raske, A.G.; Otvos, I.S.; Jobin, L.J. 1996. Annotated bibliography of the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria* (Guen.) (Lepidoptera: Geometridae). Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Newfoundland and Labrador Region, St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-298E.

Shepherd, R.F.; Gray, T.G. 1972. Solution separation and maximum likelihood density estimates of hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) eggs in moss. Can. Entomol. 104:751-754.

Shore, T.L. 1989. Sampling western hemlock looper pupae (Lepidoptera: Geometridae) using burlap traps. J. Entomol. Sci. 24:348-354.

Shore, T.L. 1990. Recommendations for sampling and extracting the eggs of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa* (Lepidoptera: Geometridae). J. Entomol. Soc. B.C. 87:30-35.

Smirnoff, W.A.; Jobin, L.J. 1973. Étude de certains facteurs affectant les populations de *Lambdina fiscellaria fiscellaria* dans le bassin de la rivière Vauréal, Île d'Anticosti. Can. Entomol. 105:1039-1040.

Sperling, F.A.H.; Raske, A.G.; Otvos, I.S. 1999. Mitochondrial DNA sequence variation among populations and host races of *Lambdina fiscellaria* (Gn.) (Lepidoptera: Geometridae). Insect Mol. Biol. 8:97-106.

Trial, H. 1993. The hemlock looper in Maine - 1992 and a forecast for 1993. Maine For. Serv., Maine Dept. Conserv., Insect & Disease Manag. Div., Summ. Rep. No. 7:57-73.

Trial, H.; Trial, J.G. 1992. A method to predict defoliation of eastern hemlock (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.) by eastern hemlock looper (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* [Gn.]) using egg sampling. Maine For. Serv., Maine Dep. Conserv., Insect Disease Manag. Div., Tech. Rep. No. 31.

Watson, E.B. 1934. An account of the eastern hemlock looper, *Ellopia fiscellaria* Gn., on balsam fir. Sci. Agric. 14:669-678.

West, R.J.; Bowers, W.W. 1994. Factors affecting calling behavior by *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae), under field conditions. Environ. Entomol. 23:122-129.

West, R.J.; Kenis, M. 1997. Screening four exotic parasitoids as potential controls for the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 129:831-841.

West, R.J.; Raske, A.G.; Sundaram, A. 1989. Efficacy of oil-based formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* against the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.) (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 121:55-63.

West, R.J.; Thompson, D.; Sundaram, K.M.S.; Sundaram, A.; Retnakaran, A.; Mickle, R. 1997. Efficacy of aerial applications of *Bacillus thuringiensis* Berliner and tebufenozide against the eastern hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 129:613-626.

CANADIAN CATALOGUING IN PUBLICATION DATA

Hébert, Christian, 1959-

The hemlock looper

Rev. version - 2001
(Information leaflet; LFC-4)
Issued also in French under title: L'arpenteuse de la pruche.
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-29691-5
Cat. No. Fo29-4/4-2001E

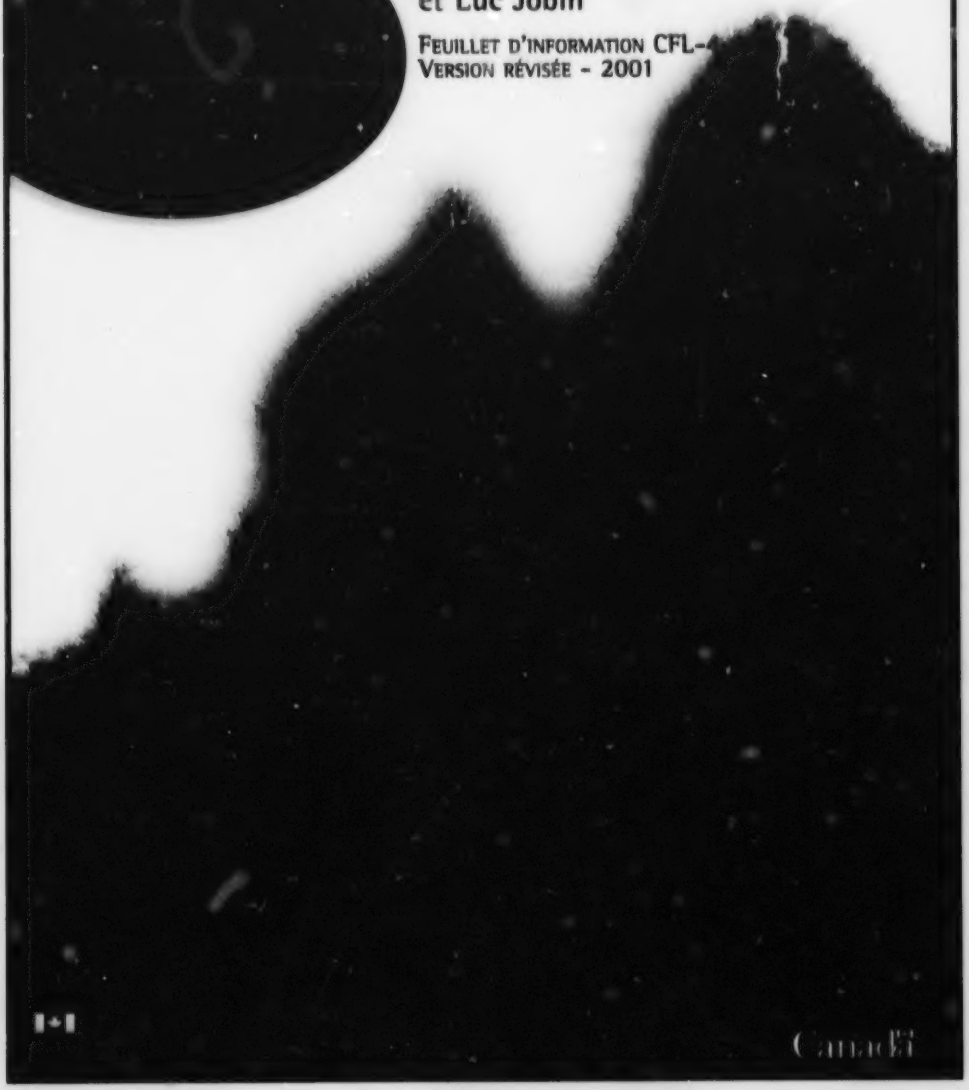
1. Hemlock looper — Canada.
2. Eastern hemlock — Diseases and pests — Canada.
I. Jobin, Luc.
II. Laurentian Forestry Centre.
III. Title.
IV. Series: Information leaflet (Laurentian Forestry Centre); LFC 4.

SB608.H4H42 2000 634.9'75367 C00-980512-5

L'ARPENTEUSE de la PRUCHE

Christian Hébert
et Luc Jobin

FEUILLET D'INFORMATION CFL-
VERSION RÉVISÉE - 2001



Canada

PAGE COUVERTURE

PHOTO 1
Larve âgée de l'arpenteuse de la pruche
(Photo : *T. Arcand*)

PHOTO 2
Arbres sévèrement défoliés
(Photo : *L. Jobin*)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2001
Numéro de catalogue GCC Fo29-4/4-2001F
ISBN 0-662-85352-0
ISSN 0835-1635

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires en français de cette publication auprès de :
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
Canada G1V 4C7
Cette publication est également disponible en format électronique sur le site Web du CFL à l'adresse : **http://www.cfl.scf.rncan.gc.ca**

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez :
Micromédia Ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Tél. : (613) 237-4250
Ligne sans frais : 1-800-567-1914
Téléc. : (613) 237-4251

This publication is also available in English under the title "The hemlock looper" (CCG Catalog No. Fo29-4/4-2001E).

Taxonomie

L'arpenteuse de la pruche, *Lambdina fiscellaria* (Guenée), est un Lépidoptère indigène d'Amérique du Nord qui appartient à la famille des Geometridae. Les chenilles de cette famille ont deux (quelques espèces en ont trois) paires de fausses-pattes à l'extrémité postérieure du corps mais on ne retrouve pas celles au milieu de l'abdomen comme chez les autres Lépidoptères. Pour se déplacer, elles se projettent vers l'avant pour s'ancrer à l'aide de leurs pattes antérieures et ensuite ramener l'arrière de leur corps, qui prend alors la forme d'une boucle. C'est cette façon caractéristique de se déplacer (on dit qu'elles arpentent) qui leur vaut le nom commun d'arpenteuse.

Longtemps considérées comme des sous-espèces, l'arpenteuse présente dans l'est du Canada (*L. fiscellaria fiscellaria*) et celle présente dans l'ouest du Canada (*L. fiscellaria lugubrosa*) sont maintenant considérées comme une seule et même espèce (McGuffin, 1987; Raske et collab., 1997; Sperling et collab., 1999).

Distribution et hôtes

On retrouve l'arpenteuse de la pruche dans toutes les provinces canadiennes et dans les États américains entourant les Grands Lacs. Elle est présente jusqu'en Géorgie au sud-est ainsi que dans les États de Washington, de l'Idaho, du Montana et de l'Oregon à l'ouest. L'arpenteuse de la pruche a également été trouvée dans le sud-est de l'Alaska. L'information contenue dans ce feuillet concerne toutefois la problématique de l'arpenteuse de la pruche dans l'est du Canada.

Dans l'est du Canada, l'arpenteuse de la pruche s'alimente sur de nombreuses essences forestières mais ses dommages ont surtout été rapportés sur le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) et la pruche de l'Est (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.). En situation d'épidémie, on observe généralement des défoliations sévères sur les essences compagnes comme l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss), l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] BSP) et le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.). Même le cèdre (*Thuya occidentalis* L.), le pin blanc (*Pinus strobus* L.) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) ont subi des défoliations importantes lors de pullulations en Ontario (Howse et Applejohn, 1994). Parmi les autres essences sur lesquelles on peut retrouver l'arpenteuse de la pruche, notons, entre autres, le mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch), l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), l'orme d'Amérique (*Ulmus americana* L.), les cerisiers (*Prunus* sp.) et même le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.).

INFESTATIONS ANTÉRIEURES

Les infestations les plus sévères de l'arpenteuse de la pruche ont été observées dans l'est du Canada, principalement à Terre-Neuve et au Québec où de nombreuses infestations ont été rapportées au cours du 20e siècle (Benoit et Desaulniers, 1972; Otvos et collab., 1979; Jobin, 1980; Hudak et collab., 1984; Bordeleau, 1991-1999). L'Ontario et les provinces maritimes n'ont subi que des infestations de courtes durées et restreintes à de faibles superficies.

Au Québec, c'est en 1927 qu'une première infestation a été observée et étudiée sur la Côte-Nord par Watson (1934). Cependant, une analyse des anneaux de croissance a montré qu'une infestation aurait eu lieu quelques années plus tôt (dans les années 20) sur l'Île d'Anticosti (Jobin, 1980); elle aurait été suivie par une autre infestation encore plus destructrice, toujours à l'Île d'Anticosti, au cours des années 30 (Jobin, 1980). Plusieurs infestations ont par la suite été rapportées, notamment en Gaspésie en 1936, puis en 1946, où plus de 40 000 ha de forêt ont été complètement détruits (Benoit et Desaulniers, 1972; Jobin, 1980). Sur la Côte-Nord, une nouvelle infestation a été rapportée en 1956 (Benoit et Desaulniers, 1972; Jobin, 1980; Pilon, 1997). Au début des années 70, une infestation d'une rare intensité s'est abattue sur l'Île d'Anticosti; plus de 220 000 ha de forêt ont alors été touchés et près de 80 000 ha de forêt ont été détruits (Jobin et Desaulniers, 1981). Cette infestation a également affecté près de 16 000 ha de forêt sur la Côte-Nord. Au début des années 90, des infestations moins importantes ont été rapportées dans le Bas-Saint-Laurent (Réserve de Parke) et sur l'Île d'Anticosti (Bordeleau, 1991-1999). À l'été 1996, un inventaire aérien effectué par le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN) permettait de détecter 7 850 ha de forêts défoliées dans l'est de la péninsule gaspésienne (Bordeleau, 1991-1999). Un inventaire des oeufs a permis de circonscrire des zones couvrant plus de 330 000 ha où les populations de l'arpenteuse étaient à l'état épidémique (Bordeleau, 1991-1999). L'infestation appréhendée pour 1997 a finalement été beaucoup moins importante que prévue, alors que seulement 21 770 ha ont subi des défoliations (Bordeleau, 1991-1999). À l'été 1998, plus de 27 000 ha de forêts défoliées ont été rapportés sur la Côte-Nord (Bordeleau, 1991-1999). Contrairement à l'infestation de la Gaspésie deux ans plus tôt, cette infestation naissante a progressé rapidement et atteint des proportions majeures avec respectivement 472 000 ha de forêts défoliées (dont 95 % le furent sévèrement; Bordeleau, 1991-1999) en 1999 et 925 000 ha de forêts défoliées en 2000 (Bordeleau, comm. pers.). Il s'agit sans contredit de l'infestation la plus sévère jamais rapportée pour l'arpenteuse de la pruche au Québec.

Par ailleurs, au cours de la dernière décennie, on a rapporté une première infestation de l'arpenteuse de la pruche au Nouveau-Brunswick alors qu'un peu plus de 21 000 ha de forêt ont dû être protégés en 1990 (Hartling et collab., 1991). L'État du Maine, qui n'avait pas connu d'infestation majeure de ce ravageur auparavant, fut également aux prises avec des infestations importantes, alors que près de 100 000 ha ont été infestés en 1991 (Trial, 1993).

DESCRIPTION des STADES DE L'INSECTE

Oeuf :

De forme ovale et mesurant environ 0,90 mm de longueur, l'oeuf montre une extrémité tronquée et se caractérise par une structure réticulée. Il est de couleur verdâtre au moment de la ponte et d'un brun cuivré quelques jours plus tard (*figure 1*); les oeufs non fertilisés conservent quant à eux une coloration verdâtre.

Figure 1

Oeufs de l'arpenteuse pondus sur des lichens arboricoles (Photo : *C. Germain*)

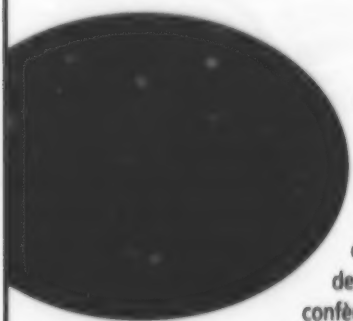


Figure 2

Jeune larve de l'arpenteuse de la pruche (Photo : *T. Arcand*)

Chenille :

Elle a deux paires de fausses pattes à l'extrémité postérieure de l'abdomen. Quelques heures après l'éclosion, la jeune larve (*figure 2*) est de couleur gris foncé avec des bandes noires transversales qui lui confèrent une apparence annelée. À mesure qu'elles vieillissent, les larves prennent diverses teintes variant du jaune au noir (*figure 3*).

Figure 3

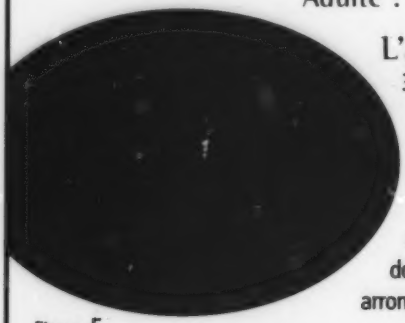
Larve âgée de l'arpenteuse de la pruche et feuillage partiellement mangé, typique du comportement gaspilleur de l'insecte (Photo : *T. Arcand*)

Chrysalide :

Fusiforme, sa coloration varie du beige marqué de taches brunes au brun foncé. Elle mesure environ 20 mm de long (*figure 4*).

Figure 4
Chrysalides de l'arpenteuse de la pruche (Photo : *T. Arcand*)

Adulte :



L'adulte est un papillon ayant une envergure d'environ 32 mm et dont la coloration varie de beige à gris brunâtre (*figure 5*). Deux lignes irrégulières à coloration pourpre traversent les ailes antérieures et une seule ligne, les ailes postérieures. Le mâle est facilement reconnaissable avec ses antennes plumeuses et son abdomen étroit comparativement à la femelle dont les antennes sont filiformes et l'abdomen est arrondi.

Figure 5
Papillon de l'arpenteuse de la pruche (Photo : *L. Jobin*)

CYCLE VITAL et COMPORTEMENT

L'arpenteuse de la pruche n'a qu'une seule génération par année et hiverne au stade d'oeuf. Ces oeufs sont généralement déposés sur les arbres hôtes, autant sur le tronc que sur les branches, mais beaucoup sont dispersés ailleurs dans le milieu, sur les bouleaux, les chicots, de même que dans la sphaigne au sol (De Gryse et Schedl, 1934; Watson, 1934; Carroll, 1956). La présence des œufs est fortement associée à l'abondance des lichens arboricoles (Jobin, 1973). Les oeufs éclosent tard au printemps, peu de temps après le débourrement du sapin. On observe alors une phase de dispersion éolienne des jeunes larves. Celles-ci s'alimentent d'abord sur le nouveau feuillage puis, au milieu du développement larvaire, migrent vers le vieux feuillage (De Gryse et Schedl, 1934; Watson, 1934; Carroll, 1956). Des travaux récents ont montré que l'alimentation des jeunes larves sur le nouveau feuillage était essentielle à leur survie mais que l'alimentation des larves âgées sur le vieux feuillage augmentait aussi la survie et la fécondité de

l'insecte (Carroll, 1999). Les larves ont un comportement alimentaire « gaspilleur », car elles coupent les aiguilles à la base ou se contentent tout simplement de les grignoter sans les manger entièrement. Les larves circulent librement sur le feuillage, ce qui les rend vulnérables aux pluies abondantes ou aux forts vents qui les projettent au sol (De Gryse et Schedl, 1934; Trial, 1993).

Le développement larvaire de l'arpenteuse de la pruche montre quatre stades à Terre-Neuve (Carroll, 1956) et à l'Île d'Anticosti (Jobin et Desaulniers, 1981) comparativement à cinq pour l'Ontario (De Gryse et Schedl, 1934) et le Nouveau-Brunswick (Hartling et collab., 1991). Dans l'est du Québec, on retrouve les larves surtout entre la mi-juin et le début d'août. Vers la fin du développement larvaire, les larves se mettent à la recherche d'un site de nymphose. En période de forte infestation, les arbres sont alors couverts de fils de soie produits par les larves lors de leur descente des arbres à la recherche de nourriture ou d'un site de nymphose (*figure 6*). Comme les oeufs, les chrysalides sont dispersées dans le milieu. Elles sont souvent trouvées sur l'arbre hôte, soit dans les crevasses, sous des lambeaux d'écorce ou dans les lichens (Watson, 1934). Les arbres ayant une écorce lisse hébergent peu de chrysalides comparativement aux arbres à écorce rugueuse (De Gryse et Schedl, 1934). Certains auteurs rapportent également la présence de nombreuses chrysalides dans les vieilles souches (Carroll, 1956; Jobin et Desaulniers, 1981) et au pied des arbres dans les angles formés par les racines (De Gryse et Schedl, 1934).

Le stade de chrysalide dure environ 16 à 20 jours. Les adultes émergent de la fin d'août jusqu'au début d'octobre, les mâles précédant les femelles de quelques jours (Carroll, 1956). Dès la première nuit, la femelle montre des comportements d'appel liés à l'émission d'une phéromone sexuelle (West et Bowers, 1994). Les papillons ont un vol peu puissant (Watson, 1934) et les mâles sont actifs principalement au crépuscule. Pour leur part, les femelles ne volent qu'après avoir déposé au moins la moitié de leurs œufs (Delisle et collab., 1998). L'accouplement est surtout observé sur le tronc des essences hôtes et les femelles déposent leurs œufs isolément ou par petits groupes de deux ou trois, principalement pendant le mois de septembre. La hauteur de ponte serait influencée par les conditions météorologiques; les femelles déposeraient leurs œufs au sol et dans les vieilles souches lorsque le temps est froid, humide et venteux alors qu'en période chaude et calme, les œufs seraient déposés plus haut dans la cime (Otvos et collab., 1971). Les femelles vivent entre 20 et 25 jours et pondent entre 100 et 300 œufs.

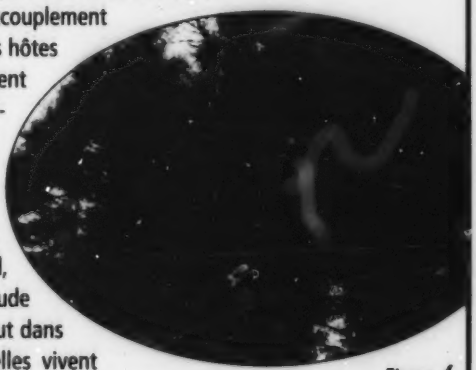


Figure 6
Arbres défoliés couverts de soie, vers la fin du développement larvaire
(Photo : *C. Hébert*)

ÉPIDÉMIOLOGIE et CONTRÔLE NATUREL

Les pullulations de l'arpenteuse de la pruche sont caractérisées par leur apparition et disparition subites (Watson, 1934). Elles se développent à un rythme foudroyant, pouvant entraîner la mort des sapins baumier dès la première année de détection des dommages (Watson, 1934; Jobin et Desaulniers, 1981). Les pullulations se caractérisent aussi par l'apparition de petits foyers d'infestation dispersés sur un vaste territoire (Carroll, 1956; Otvos et collab., 1979). Les arbres en régénération sont souvent plus affectés que les arbres matures lors de la première année d'infestation et des zones non infestées sont souvent adjacentes à des zones sévèrement infestées (Watson, 1934). Au Nouveau-Brunswick, MacLean et Ebert (1999) rapportent d'ailleurs une mortalité de 22-48 % plus élevée sur les arbres de diamètres inférieurs à 11 cm que sur les arbres de diamètres supérieurs. Au cours de la deuxième année d'infestation, le nombre et la superficie de ces foyers d'infestation augmentent et fusionnent, formant ainsi de vastes étendues de forêts défoliées aux contours souvent irréguliers. L'infestation est d'autant plus sévère lorsque 70 % ou plus des peuplements infestés sont constitués de pruches ou de sapins baumiers mûrs ou surannés (De Gryse et Schedl, 1934; Carroll, 1956). Les infestations de l'arpenteuse se produisent souvent dans des peuplements situés à proximité de plans d'eau, ce qui en fait un ravageur associé au climat maritime (Jobin, 1973, 1980).

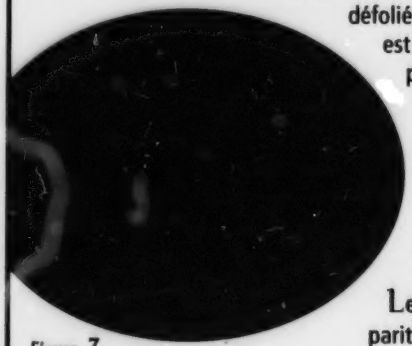


Figure 7

Telenomus sp., un important parasitoïde des œufs (photo : *C. Germain*)

Les facteurs impliqués dans l'apparition et la disparition des infestations ont été peu documentés jusqu'à présent. Néanmoins, plusieurs ennemis naturels jouent un rôle important dans le contrôle des populations de l'arpenteuse de la pruche. De nombreuses espèces de parasitoïdes attaquent différents stades du ravageur (Otvos, 1973). L'infestation prévue en Gaspésie en 1997 s'est effondrée à la suite de l'action de parasitoïdes des œufs du genre *Telenomus* (Hébert et collab., 2001) (*figure 7*). De nombreuses espèces de parasitoïdes attaquent les larves de l'arpenteuse et la plupart d'entre elles émergent de l'hôte vers la fin du développement larvaire ou au stade de chrysalide. Une espèce d'*Apanteles* (Hymenoptera : Braconidae) prend occasionnellement de l'importance (Carroll, 1956)

mais on retrouve surtout un Diptère (Tachinidae), *Winthemia occidentis* (*figure 8*), qui dépose ses œufs sur les larves âgées et dont la larve émerge de la chrysalide. D'autre part, les chrysalides sont parasitées par plusieurs espèces d'Hyménoptères (Ichneumonidae) dont les plus importantes sont *Itoplectis conquisitor* (*figure 9*) et *Aoplus velox*. Plusieurs espèces hyperparasites attaquent les parasitoïdes primaires. Par ailleurs, un certain nombre d'espèces d'oiseaux ont été rapportées comme prédateurs de l'arpenteuse, principalement des larves et des chrysalides, mais leur impact sur les populations est difficile à quantifier (Otvos et Taylor, 1970).

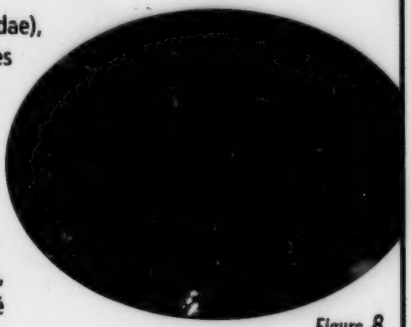


Figure 8

***Winthemia occidentis*, une Tachinidae qui dépose ses œufs sur les larves âgées mais qui émerge des chrysalides (Photo : *C. Germain*)**

Quelques micro-organismes entmopathogènes attaquent l'arpenteuse de la pruche. Un virus à polyhédrose nucléaire et une microsporidie du genre *Nosema* ont été rapportés à l'Île d'Anticosti (Smirnoff et Jobin, 1973). Cependant, ce sont deux champignons, *Entomophthora sphaerosperma* et *Entomophaga aulicae*, qui sont le plus souvent associés au déclin des populations (Jobin et Desaulniers, 1981; Otvos et collab., 1973). Ces champignons infectent autant les jeunes larves que les larves âgées de l'insecte mais l'impact se manifeste surtout à la fin du développement larvaire (Carroll, 1956; Otvos, 1973). Plus récemment, Clopton et Lucarotti (1997) et Lucarotti et collab. (1998) ont trouvé et décrit une nouvelle espèce de protozoaire de l'ordre des Eugregarinida, *Leidyana canadensis*, associée au déclin de la pullulation observée au Nouveau-Brunswick. Sa contribution réelle au déclin de la pullulation n'a cependant pu être établie.

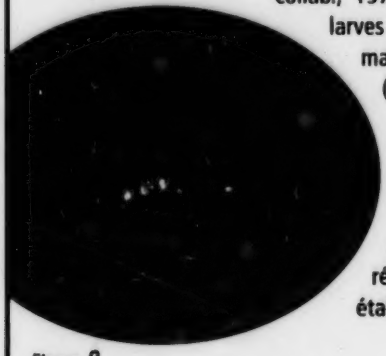


Figure 9

***Itoplectis conquisitor*, un Ichneumonidae attaquant les chrysalides (Photo : *C. Germain*)**

DOMMAGES et IMPACT

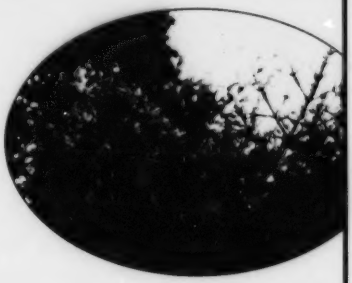


Figure 10

Défoliation typique de l'arpenteuse de la pruche (Photo : *L. Jobin*)

Vers la fin de juillet et le début d'août, les arbres prennent une coloration rougeâtre très caractéristique des pullulations de l'arpenteuse de la pruche. C'est le comportement « gaspilleur » de l'arpenteuse qui en fait un défoliateur si redoutable (*figure 10*). En effet, après avoir été grignotées, les aiguilles sèchent, rougissent et finissent par tomber à l'automne (Watson, 1934). L'impact des pullulations peut être dévastateur (*figure 11*). Selon Bhiry et Filion (1996), qui ont étudié des restes d'aiguilles et de capsules céphaliques retrouvées dans de la tourbe, l'arpenteuse de la pruche serait associée avec un déclin de la pruche de l'est qui se serait produit au milieu de l'Holocène.

Dans le cas de la pullulation du Nouveau-Brunswick, MacLean et Ebert (1999) ont rapporté une mortalité inférieure à 1 % pour les arbres dont la défoliation totale ne dépassait pas 50 % mais de 92 % lorsque la défoliation atteignait 90 %. Entre 1910 et 1975, les pullulations ont causé des pertes évaluées à 12 millions de m^3 de bois à Terre-Neuve (Otvos et collab., 1979) et à 24 millions de m^3 de bois au Québec (Jobin, 1980). Les arbres qui survivent aux infestations montrent une réduction de croissance radiale marquée (jusqu'à près de 50 %) au cours des deux ou trois années de défoliation (Martel 1999). La reprise de la croissance radiale s'étend généralement sur une période similaire.

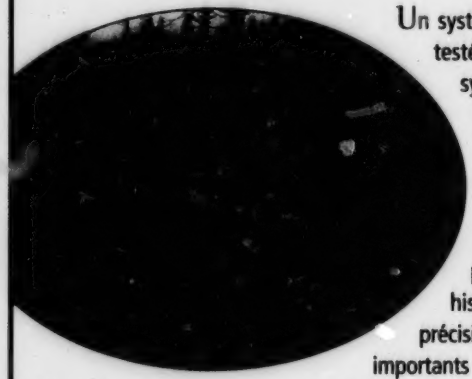


Figure 11

Vue terrestre, 25 ans plus tard, d'un peuplement ravagé par l'arpenteuse en 1972 à l'Île d'Anticosti (photo : *C. Hébert*)

Un système d'aide à la décision a été développé et testé à Terre-Neuve au début des années 90. Ce système, conçu pour prédire la défoliation, est constitué de modèles développés à partir de données historiques. Or, dans les conditions actuelles, le système est peu utile, car il sous-estime grandement les dommages (Carroll, 1996). Selon l'auteur, le développement de modèles à partir de données historiques ne permettrait pas de prédire avec précision l'évolution des pullulations à cause des importants changements qu'a subit le paysage forestier au cours des dernières décennies.

DÉTECTION et SURVEILLANCE

Jusqu'au début des années 90, l'évaluation des dommages par voie aérienne et le battage du feuillage pour l'évaluation des populations larvaires constituaient les principales méthodes de détection et de prévision des infestations de l'arpenteuse de la pruche. Au cours des dernières années, plusieurs méthodes et outils ont été mis au point afin d'améliorer cette stratégie de détection et de prévision. La phéromone sexuelle de l'arpenteuse a été identifiée et synthétisée (Gries et collab., 1991) et des réseaux de pièges à phéromone sont maintenant opérés dans toutes les régions à risque du nord-est de l'Amérique du Nord. Bien que la phéromone soit hautement attractive et qu'elle semble donner des résultats satisfaisants en Colombie-Britannique (Evenden et collab., 1995a, 1995b; Liang et collab., 1997), le piégeage n'a cependant pas permis jusqu'à maintenant de prédire l'évolution des populations avec un degré satisfaisant de précision au Québec. Par ailleurs, la surveillance implique également une évaluation des populations d'oeufs du ravageur. Dans l'est du Canada, on prélève des branches de 1 m de longueur (Dobesberger, 1989) alors que dans l'Ouest on prélève un poids pré-déterminé de lichens dans la cime des arbres (Shore, 1990; Liang et collab., 1996). Ces échantillons sont soumis à un processus d'extraction des œufs en laboratoire (Otvos et Bryant, 1972; Shepherd et Gray, 1972; Shore, 1990). Au Québec, les prévisions de dommages à l'aide de cette méthode ont souvent été imprécises. Cependant, dans l'État du Maine, on utilise cette méthode avec satisfaction (Trial et Trial, 1992).

De nouveaux outils ont également été développés au Centre de foresterie des Laurentides du Service canadien des forêts à Sainte-Foy (Québec) au cours des cinq dernières années, notamment un gîte de nymphose (*figure 12*) et un gîte de ponte (*figure 13*). Le gîte de nymphose permet d'évaluer les

Figure 12

Gîte de nymphose pour l'échantillonnage des chrysalides (Photo : *C. Hébert*)

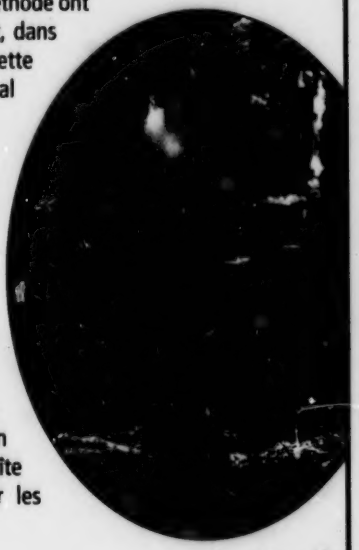


Figure 13

Gîte de ponte (bande de styromousse) pour l'échantillonnage des oeufs (Photo : *C. Hébert*)

populations d'arpenteuses au stade de chrysalide et d'apprécier l'action des ennemis naturels dans les populations surveillées. Un premier gîte de nymphose, de conception différente, avait été mis au point par Otvos (1974) et utilisé également par Shore (1989) et Liang et collab. (1998) en Colombie-Britannique. Par ailleurs, le gîte de ponte, constitué d'une simple pièce de mousse de polyuréthane placée sur le tronc des arbres, est d'une grande simplicité et permet une évaluation rapide des populations d'oeufs. Ces nouveaux outils ont l'avantage d'être standards, très simples d'utilisation et de permettre l'implication de personnel non spécialisé. Il est ainsi possible d'augmenter considérablement le nombre de sites d'échantillonnage, un aspect crucial dans la détection des pullulations de l'arpenteuse, afin d'arriver à une surveillance plus efficace des populations de l'insecte. Les capacités prévisionnelles des dommages à l'aide de ces nouveaux outils sont actuellement évaluées. De plus, l'intégration d'un indice d'activité des *Telenomus* (parasitoïdes des oeufs) permettrait de prédire avec plus de précision les fluctuations de populations de ce défoliateur.

MESURES de CONTRÔLE

En présence d'une infestation sévère mais limitée à de petites surfaces, il est possible de récolter au cours de l'hiver les peuplements infestés et ceux qui sont adjacents, même lorsqu'on appréhende d'importantes pertes (Québec, Ministère des Forêts, 1991). Les populations résiduelles (œufs au sol ou restant sur les débris ou les bouleaux) ont alors peu de chance de survivre puisque après l'éclosion des œufs, les jeunes larves doivent dépenser beaucoup d'énergie pour trouver une nourriture qui est peu abondante et souvent de mauvaise qualité. Dans le cas d'une pullulation importante, on ne peut récupérer tous les peuplements en même temps et il faut alors utiliser des mesures de contrôle directes. Jusqu'au début des années 80, le fénitrothion était le principal insecticide homologué et utilisé de façon opérationnelle pour lutter contre l'arpenteuse de la pruche (Prebble, 1975; West et collab., 1989). Cet insecticide a également été utilisé au Nouveau-Brunswick pour contrer les populations du ravageur en 1990-1991 (Hartling et collab., 1991). C'est cependant l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*B.t.*) qui est le produit le plus fréquemment employé dans la lutte contre l'arpenteuse depuis une dizaine d'années (West et collab., 1989, 1997). Les traitements sont généralement effectués au début du deuxième stade larvaire, lorsque l'éclosion des œufs est terminée. Dans le cas d'infestations très sévères, une deuxième application peut être faite. L'impact positif ou négatif des applications de *B.t.* sur les prédateurs et parasitoïdes des larves et des chrysalides de l'arpenteuse n'est pas connu. Cependant, comme les populations de parasitoïdes des œufs sont habituellement en croissance lorsqu'il y a une

infestation, il est possible qu'en abaissant les populations de l'arpenteuse, les applications de *B.t.* puissent favoriser les parasitoïdes des œufs à la prochaine génération du ravageur.

La possibilité d'introduire certains parasitoïdes exotiques pour renforcer le complexe d'ennemis naturels à Terre-Neuve a été évaluée mais sans succès jusqu'à maintenant (West et Kenis, 1997). Des recherches sont également en cours afin de développer une technique de production de masse du champignon *Entomophaga aulicae* (Nolan, 1993). Des travaux se poursuivent aussi dans le but de caractériser et d'évaluer la pathogénicité de différentes souches naturelles de virus (Levin et collab., 1997).

Enfin, comme pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette, la récolte des peuplements âgés a été recommandée afin de réduire les risques d'infestation par l'arpenteuse de la pruche (Martineau 1984). Le recours à une telle stratégie doit cependant être examiné avec beaucoup de prudence compte tenu de l'importance de plus en plus grande que l'on reconnaît aux forêts anciennes pour le maintien de la biodiversité (Desponts et collab., 2000; Martikainen et collab., 2000), un critère permettant de juger de notre progression vers le développement durable.

POUR OBTENIR d'autres INFORMATIONS

Si vous avez des commentaires ou suggestions concernant les informations mentionnées dans ce feuillet, nous vous invitons à communiquer avec les auteurs de ce feuillet à l'adresse suivante: chebert@cfl.forestry.ca.

RÉFÉRENCES

BENOIT, P.; DESAULNIERS, R. 1972. Épidémies passées et présentes de l'arpenteuse de la pruche au Québec. Environ. Can., Serv. can. for., Rev. Bim. Rech. 28(2):11-12.

BHIRY, N.; FILION, L. 1996. Characterization of the soil hydromorphic conditions in a paludified dunefield during the mid-Holocene hemlock decline near Québec City, Québec. Quat. Res. 46:281-297.

BORDELEAU, C. 1991-1999. Insectes et maladies des arbres - Québec. Minist. Ressour. nat., Dir. conserv. for., Div. des relevés, Québec, Qc.

CARROLL, A.L. 1996. Evaluation of the predictive capacity of the Eastern Hemlock Looper Decision Support System. Pages 9-14 *in* T.L. Shore and D.A. MacLean (Eds.), Decision Support Systems for Forest Pest Management. Proc. of a workshop at the Joint Meeting of the Entomol. Soc. of Canada and B.C., Oct. 17, 1995, Victoria, B.C. FRDA Rep. No. 260.

CARROLL, A.L. 1999. Physiological adaptation to temporal variation in conifer foliage by a caterpillar. Can. Entomol. 131:659-669.

CARROLL, W.J. 1956. History of the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.), (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland, and notes on its biology. Can. Entomol. 88:587-599.

CLOPTON, R.E.; LUCAROTTI, C.J. 1997. *Leidyana canadensis* n. sp. (Apicomplexa: Eugregarinida) from larval eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). J. Eukaryot. Microbiol. 44:383-387.

DE GRYSE, J.J.; SCHEDL, K. 1934. An account of the eastern hemlock looper, *Ellopia fiscellaria* Gn., on hemlock, with notes on allied species. Sci. Agric. 14:523-539.

DELISLE, J.; WEST, R.J.; BOWERS, W.W. 1998. The relative performance of pheromone and light traps in monitoring the seasonal activity of both sexes of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria*. Entomol. Exp. Appl. 89:87-98.

DESPONTS, M.; DESROCHERS, A.; BÉLANGER, L.; HUOT, J.; HÉBERT, C. 2000. Évaluation des impacts de la stratégie de protection des forêts sur la biodiversité dans la sapinière boréale humide. Minist. Ressour. nat. Québec, Dir. de la rech. 89 p.

Dobesberger, E.J. 1989. A sequential decision plan for the management of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae), in Newfoundland. Can. J. For. Res. 19:911-916.

Evenden, M.L.; Borden, J.H.; Van Sickle, G.A. 1995a. Predictive capabilities of a pheromone-based monitoring system for western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae). Environ. Entomol. 24:933-943.

Evenden, M.L.; Borden, J.H.; Van Sickle, G.A.; Gries, G. 1995b. Development of a pheromone-based monitoring system for western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae): effect of pheromone dose, lure age, and trap type. Environ. Entomol. 24:923-932.

Gries, G.; Gries, R.; Borden, J.H.; Li, J.X.; Slessor, K.N.; King, G.G.S.; Bowers, W.W.; West, R.J.; Underhill, E.W. 1991. 5,11-dimethylheptadecane and 2,5-dimethylheptadecane: sex pheromone components of the geometrid moth, *Lambdina fiscellaria*. Naturwissenschaften 78:315-317.

Hartling, L.; McNutt, P.M.; Carter, N. 1991. Hemlock looper in New Brunswick: notes on biology and survey methods. Timber Manag. Branch, For. Pest Manag. Section, Dep. Nat. Resour. and Energ., Fredericton, N.B.

Hébert, C.; Berthiaume, R.; Dupont, A.; Auger, M. 2001. Population collapses in a forecasted outbreak of *Lambdina fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae) caused by spring egg parasitism by *Telenomus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae). Environ. Entomol. 30:37-43.

Howse, G.M.; Applejohn, M.J. 1994. Survey Bullletin - Forest Insect and Disease Conditions in Ontario (Fall 1993). Nat. Resour. Can., Can. For. Serv. p. 7.

Hudak, J.; Raske, A.G.; Lim, K.P.; Clarke, L.J. 1984. The hemlock looper in Newfoundland in 1984. Pages 339-351 *in* Rep. of the Twelfth Ann. For. Pest Control Forum, Nov. 27-29, 1985. Can. For. Serv., Ottawa, Ont.

Jobin, L. 1973. L'arpenteuse de la pruche, insecte insulaire? Environ. Can., Cent. rech. for. Laurentides, Sainte-Foy, Qc. Milieu 7:8-12.

Jobin, L. 1980. L'arpenteuse de la pruche: un insecte insulaire. Racine 2(3):5-7.

Jobin, L.; Desaulniers, R. 1981. Résultats des pulvérisations aériennes contre l'arpenteuse de la pruche, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.), à l'île d'Anticosti en 1972 et 1973. Environ. Can., Serv. can. for., Cent. rech. for. Laurentides, Sainte-Foy, Qc. Rapp. inf. LAU-X-49F.

Levin, D.B.; Laitinen, A.M.; Clarke, T.; Lucarotti, C.J.; Morin, B.; Otvos, I.S. 1997. Characterization of nuclear polyhedrosis viruses from three subspecies of *Lambdina fiscellaria*. J. Invertebr. Pathol. 69:125-134.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1996. Distribution pattern and sampling of eggs of the western hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) in mature western hemlock stands. J. Econ. Entomol. 89:1531-1536.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1997. Forest roadside sampling of larvae and adults of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa*. For. Ecol. Manag. 93:45-53.

Liang, Q.; Otvos, I.S.; Bradfield, G.E. 1998. Pupal sampling of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa* (Hulst) (Lep., Geometridae) using burlap traps. J. Appl. Entomol. 122:85-88.

Lucarotti, C.J.; Leclerc, T.L.; Clopton, R.E. 1998. Incidence of *Leidyana canadensis* (Apicomplexa: Eugregarinida) in *Lambdina fiscellaria fiscellaria* larvae (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 130:583-594.

MacLean, D.A.; Ebert, P. 1999. The impact of hemlock looper (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.)) on balsam fir and spruce in New Brunswick, Canada. For. Ecol. Manag. 120:77-87.

Martel, M. 1999. Analyse dendroécologique des effets de la défoliation par l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria* [Guen.]) sur les populations forestières de l'Île d'Anticosti, Québec. Mém. de maîtrise, Dép. Géographie, Faculté des Lettres, Univ. Laval, Qc. 91 p.

Martikainen, P.; Siitonen, J.; Punttila, P.; Kaila, L.; Rauh, J. 2000. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. Biol. Conserv. 94:199-209.

Martineau, R. 1985. Insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada. Ed: Marcel Broquet. LaPrairie, Qc. 283 p.

McGuffin, W.C. 1987. Guide to the Geometridae of Canada (Lepidoptera) II Subfamily Ennominae. 4. Mem. Entomol. Soc. Can. 138:1-182.

Nolan, R.A. 1993. An inexpensive medium for mass fermentation production of *Entomophaga aulicae* hyphal bodies competent to form conidia. Can. J. Microbiol. 39:588-593.

Otvos, I.S. 1973. Biological control agents and their role in the population fluctuation of the eastern hemlock looper in Newfoundland. Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-102.

Otvos, I.S. 1974. A collecting method for pupae of *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 106:329-331.

Otvos, I.S.; Bryant, D.G. 1972. An extraction method for rapid sampling of eastern hemlock looper eggs, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 104:1511-1514.

Otvos, I.S.; Taylor, M.E. 1970. Prédateurs aviaires de l'arpenteuse de la pruche à Terre-Neuve. Min. Pêches et des Forêts, Rev. Bim. Rech. 26:22.

Otvos, I.S.; Clark, R.C.; Clarke, L.J. 1971. The hemlock looper in Newfoundland: the outbreak, 1966 to 1971; and aerial spraying, 1968 and 1969. Environ. Can., Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-68.

Otvos, I.S.; Clarke, L.J.; Durling, D.S. 1979. A history of recorded eastern hemlock looper outbreaks in Newfoundland. Can. For. Serv., Newfoundland For. Res. Cent., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-179.

Otvos, I.S.; MacLeod, D.M.; Tyrrell, D. 1973. Two species of *Entomophthora* pathogenic to the eastern hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) in Newfoundland. Can. Entomol. 105:1435-1441.

Pilon, J.-G. 1997. Notes pour servir à l'histoire de l'arpenteuse de la pruche, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae) au Québec. Fabreries. 22:73-77.

Prebble, M.L. 1975. Traitements aériens pour combattre les insectes forestiers au Canada. Pêches Environ. Can., Ottawa, Ont.

Québec, Ministère des Forêts. 1991. Pour en savoir plus sur l'arpenteuse de la pruche. Dir. conserv., Serv. prot. contre insectes et maladies, Québec, Qc. Rapp. Publ. FQ91-3097.

Raske, A.G.; Otvos, I.S.; Jobin, L.J. 1997. Bibliographie annotée sur l'arpenteuse de la pruche, *Lambdina fiscellaria* (Guen.) (Lepidoptera: Geometridae). Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Région de Terre-Neuve et du Labrador, St. John's, T.-N. Rapp. inf. N-X-298F.

Shepherd, R.F.; Gray, T.G. 1972. Solution separation and maximum likelihood density estimates of hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae) eggs in moss. Can. Entomol. 104:751-754.

Shore, T.L. 1989. Sampling western hemlock looper pupae (Lepidoptera: Geometridae) using burlap traps. J. Entomol. Sci. 24:348-354.

Shore, T.L. 1990. Recommendations for sampling and extracting the eggs of the western hemlock looper, *Lambdina fiscellaria lugubrosa* (Lepidoptera: Geometridae). J. Entomol. Soc. B.C. 87:30-35.

Smirnoff, W.A.; Jobin, L.J. 1973. Étude de certains facteurs affectant les populations de *Lambdina fiscellaria fiscellaria* dans le bassin de la rivière Vauréal, Île d'Anticosti. Can. Entomol. 105:1039-1040.

Sperling, F.A.H.; Raske, A.G.; Otvos, I.S. 1999. Mitochondrial DNA sequence variation among populations and host races of *Lambdina fiscellaria* (Gn.) (Lepidoptera: Geometridae). Insect Mol. Biol. 8:97-106.

Trial, H. 1993. The hemlock looper in Maine - 1992 and a forecast for 1993. Maine For. Serv., Maine Dept. Conserv., Insect & Disease Manag. Div., Summ. Rep. No. 7:57-73.

Trial, H.; Trial, J.G. 1992. A method to predict defoliation of eastern hemlock (*Tsuga canadensis* [L.] Carr.) by eastern hemlock looper (*Lambdina fiscellaria fiscellaria* [Gn.]) using egg sampling. Maine For. Serv., Maine Dep. Conserv., Insect Disease Manag. Div., Tech. Rep. No. 31.

Watson, E.B. 1934. An account of the eastern hemlock looper, *Ellopia fiscellaria* Gn., on balsam fir. Sci. Agric. 14:669-678.

West, R.J.; Bowers, W.W. 1994. Factors affecting calling behavior by *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Lepidoptera: Geometridae), under field conditions. Environ. Entomol. 23:122-129.

West, R.J.; Kenis, M. 1997. Screening four exotic parasitoids as potential controls for the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 129:831-841.

West, R.J.; Raske, A.G.; Sundaram, A. 1989. Efficacy of oil-based formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* against the hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (Guen.) (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 121:55-63.

West, R.J.; Thompson, D.; Sundaram, K.M.S.; Sundaram, A.; Rethakaran, A.; Mickle, R. 1997. Efficacy of aerial applications of *Bacillus thuringiensis* Berliner and tebufenozide against the eastern hemlock looper (Lepidoptera: Geometridae). Can. Entomol. 129:613-626.

Données de catalogage avant publication (Canada)

Hébert, Christian, 1959-

L'arpenteuse de la pruche

Version rév. - 2001
(Feuillet d'information; CFL-4)
Publ. aussi en anglais sous le titre : The hemlock looper.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-85352-0
No de cat. Fo29-4/4-2001F

1. Arpenteuse de la pruche — Canada.
2. Pruche du Canada — Maladies et fléaux — Canada.
I. Jobin, Luc.
II. Centre de foresterie des Laurentides.
III. Titre.
IV. Coll. : Feuillet d'information (Centre de foresterie des Laurentides); CFL 4.

SB608.H4H42 2000 634.9'75367 C00-980513-3